RÉSUMÉ

DES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

(période décennale 1896-1906)

DE

M[lle] I. IOTEYKO

DOCTEUR EN MÉDECINE
CHEF DES TRAVAUX AU LABORATOIRE DE PSYCHO-PHYSIOLOGIE DE L'UNIVERSITÉ
DE BRUXELLES
LAURÉATE DE L'INSTITUT DE FRANCE



GAND
SOCIÉTÉ COOPÉRATIVE « VOLKSDRUKKERIJ », RUE HAUTPORT, 29

—

1906


1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Hommage de l'auteur

RÉSUMÉ

DES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

(période décennale 1896-1906)

DE

Mlle I. IOTEYKO

DOCTEUR EN MÉDECINE
CHEF DES TRAVAUX AU LABORATOIRE DE PSYCHO-PHYSIOLOGIE DE L'UNIVERSITÉ DE BRUXELLES
LAURÉATE DE L'INSTITUT DE FRANCE





GAND
SOCIÉTÉ COOPÉRATIVE « VOLKSDRUKKERIJ », RUE HAUTPORT, 29

—

1906

Travaux Scientifiques

DE

I. IOTEYKO

Titres, grades et distinctions

Docteur en médecine de la Faculté de Paris, 1896.

Adjointe au laboratoire de psycho-physiologie (laboratoire Kasimir) de l'Université de Bruxelles, 1898.

Chef des travaux de psychologie à ce laboratoire, 1903.

Attachée à l'Institut de Physiologie Solvay, de Bruxelles, 1898.

Physiologiste du Laboratoire d'Energétique Solvay (près l'Institut de Physiologie de Bruxelles) 1902.

Mention honorable de la Faculté de médecine de Paris pour thèse intitulée : *La fatigue et la respiration élémentaire du muscle* (Thèses récompensées 1895-1896, Université de Paris).

Prix Desmeth pour le système nerveux 1900 (en partage avec M. Radzikowski). Société Royale des Sciences médicales et naturelles de Bruxelles.

Prix Dieudonné pour la médecine 1901 (en partage avec Mlle M. Stefanowska). Société Royale des Sciences médicales et naturelles de Bruxelles.

Lauréate de l'Institut. Prix Montyon de Physiologie expérimentale 1900 (en partage avec M. Pachon). Académie des Sciences de Paris (Institut de France).

Lauréate de l'Institut. Prix Lallemand pour le système nerveux 1903 (en partage avec MM. Garnier et Cololian). Académie des Sciences de Paris (Institut de France).

Membre correspondant de la Société Royale des Sciences médicales et naturelles de Bruxelles, 2 avril 1900.

Membre de la Société belge de Neurologie, 26 avril 1902.

Vice-présidente de la Société belge de Neurologie, 1904-1905.

Présidente de la Société belge de Neurologie, 1905-1906.

Membre de la Société philosophique de Lemberg, 1904.

Membre de l'Association des chimistes de France et des colonies, 1905.

Membre honoraire de l'Association générale des étudiants de l'Université de Bruxelles, 1905.

Présidente du I Congrès belge de Neurologie et de Psychiatrie (Liége 1905).

Déléguée du laboratoire de psycho-physiologie de l'Université de Bruxelles au IV Congrès international de Psychologie, Paris 1900.

Rapporteur de la Section de Physiologie du XIV Congrès international de Médecine de Madrid (avril 1903).

Rapporteur au I Congrès belge de Neurologie et de Psychiatrie de Liége (1905).

Rapporteur au III Congrès international d'Electrologie et de Radiologie médicales (Milan 1906).

Enseignement. – Cours de Psychologie expérimentale donné au laboratoire de Psycho-physiologie de l'Université de Bruxelles depuis 1898, c'est-à-dire depuis 8 ans, et direction des travaux accomplis dans ce laboratoire. Plus de quatre cents étudiants de l'Université ont passé par ce laboratoire et ont reçu des notions de psychologie physiologique.

Collaborations. — Collaboratrice attitrée du *Dictionnaire de Physiologie de Ch. Richet*, de l'*Index philosophique de Vaschide*, des *Annales d'Electrobiologie de Doumer*, du *Zeitschrift für Elektrotherapie und die physikalischen Heilmethoden*, du *Internationales Archiv für Schulhygiene*, des *Nowiny lekarskie* (Posen).

Collaboratrice de la *Revue Scientifique*, de la *Revue Générale des Sciences pures et appliquées*, de l'*Année Psychologique*, de la *Revue de Psychiatrie et de Psychologie expérimentale* du Dr Toulouse, de la *Revue de l'Université de Bruxelles*, etc. etc.

Collaboratrice d'un grand nombre de recueils spéciaux.

J'ai eu la grande satisfaction de voir mes contributions personnelles pénétrer dans le domaine didactique (*Traités* et *Manuels* récents de Physiologie). Les titulaires des principales chaires de physiologie, de psychologie, de pathologie générale, de psychiatrie, de pharmacologie, d'Europe et d'Amérique, font l'exposé de mes travaux.

I. — Ouvrages généraux

(**1**) Fatigue. *Article du Dictionnaire de Physiologie de Charles Richet* (extrait de 200 p. in 8°, avec figures, 1903, chez Alcan, Paris).

(**2**) Entrainement et fatigue au point de vue militaire. Avec une préface de Ch. Richet. *Collection des Actualités sociales publiées par l'Institut de Sociologie Solvay* (100 p. in 16°, 1905, chez Misch et Thron, Bruxelles).

(**3**) Le Sens de la Douleur. *Rapport présenté au I Congrès belge de Neurologie et de Psychiatrie, tenu à Liége du 28 au 30 septembre 1905* (84 p., en dépôt chez Lamertin, Bruxelles).

(**4**) Rapport quinquennal (1898-1903) sur les travaux du laboratoire psychologique Kasimir (Université de Bruxelles). *Communication faite à la Société Royale des Sciences médicales et naturelles de Bruxelles, séance du 4 mai 1903; extrait du Bulletin de cette Société, 20 p.* (en dépôt chez Lamertin).

(**5**) Revue générale sur la Fatigue musculaire. *Année Psychologique, vol. V, 1898, extrait de 54 p.*

(**6**) La méthode graphique appliquée à l'étude de la fatigue. (*Revue Scientifique 1898, nos 16 et 17*).

EN PRÉPARATION (1)

— La Fatigue (volume de la collection *Scientia*).

— Nerfs (Article du *Diction. de Physiologie de Ch. Richet*).

— Sur l'Esprit de création chez la Femme (volume de la *Bibliothèque Biologique et Sociologique de la Femme du Dr Toulouse*).

— Etudes sur la Fatigue professionnelle (volume de la collection *Etudes sociales*, publiées par l'Institut de Sociologie de Bruxelles).

— La Douleur (volume de la *Bibl. de Philosophie contemporaine*, Alcan, Paris).

— Enquête sur la fatigue des ouvriers à l'atelier Mélotte (Publications de l'*Institut de Sociologie* de Bruxelles).

— Sur l'excitabilité des différents muscles et des différents nerfs (*Rapport présenté au III Congrès intern. d'Electrologie et de Radiologie de Milan*, septembre 1906).

(1) Les ouvrages en préparation ne sont pas numérotés.

Le (1) est incontestablement l'ouvrage le plus approfondi sur la fatigue qui existe dans la littérature scientifique. Jusqu'à présent, ce sujet avait été traité en quelques pages dans les manuels de physiologie. En l'étudiant sous tous ses aspects, j'ai réussi à créer un nouveau chapitre de Physiologie, comme le témoignent les *Traités* parus depuis (voir : *Physiologie de Laulanié*, *Physiologie de Morat et Doyon*, etc.). Ce travail condense toutes les recherches faites sur la fatigue jusqu'à 1902 et renferme près de *mille citations*. J'y résume aussi toutes mes recherches personnelles sur la fatigue faites jusqu'à cette date et j'ajoute à chaque chapitre une critique très minutieuse des faits, permettant de s'orienter parmi les opinions parfois des plus contradictoires. La fatigue y est traitée dans ses rapports avec l'énergétique. On y trouvera des chapitres se rapportant à la *fatigue des nerfs*, à la *fatigue des terminaisons nerveuses intra-musculaires*, à la *fatigue musculaire*, à la *fatigue des centres nerveux médullaires*, *volontaires*, à la *fatigue psychique*, *intellectuelle*, aux *phénomènes microscopiques de la fatigue*, et au *rôle pathogène de la fatigue*.

Pour donner une appréciation de mon livre : *Fatigue et entraînement au point de vue militaire* (2), il suffit de copier le passage suivant de la préface de M. Ch. Richet :

« Cet ouvrage, sous sa modeste apparence, est en réalité une œuvre dont » l'importance peut être considérable, tant au point de vue du principe même » que du résultat pratique.

» Pour ce qui est du principe, c'est une des premières fois que les » problèmes sociologiques, ceux qui relèvent de la politique actuelle, vivante, » ont été abordés par leur côté physiologique. »

Et le préfacier conclut en ces termes :

« *L'entraînement militaire peut s'obtenir en six mois ou en un an. Donc, un* » *entraînement plus prolongé est inutile et par conséquent mauvais.* Si ce petit livre » avait pu fournir la démonstration de ce grand fait, il aurait rendu à toutes les » nations qui ployent sous l'atroce fardeau d'un service militaire exagéré, un » inappréciable service. »

Le Sens de la douleur (3) est une œuvre d'ensemble qui contient le résumé des travaux accomplis sur la douleur, et auxquels j'ai donné une contribution personnelle (voir paragraphe VII). Ce travail documenté renferme 172 citations bibliographiques. La spécificité des nerfs dolorifiques y est traitée avec tous les détails que comporte cette étude.

Max von Frey a fait pour le sens de la douleur ce que *Magnus Blix* et *Goldscheider* avaient fait auparavant pour les nerfs de la pression et pour les

nerfs de la température. Grâce à l'emploi des excitants punctiformes il a reconnu que la douleur n'apparait que lorsqu'on aura touché certains points de la peau (*points de douleur*), bien distincts et fixes. Voici l'énumération des chapitres de mon travail :

Chapitre I. L'excitant de la douleur. *Chapitre II.* Algométrie. Topographie de la douleur. *Chapitre III.* Organes périphériques de la douleur. *Chapitre IV.* Voies de conduction et centres supposés de la douleur. *Chapitre V.* Asymétrie dolorifique. *Chapitre VI.* Les dissociations. Analgésie. *Chapitre VII.* Signes de la douleur. *Chapitre VIII.* La douleur selon le sexe, l'âge, la race, la profession et dans les états pathologiques. La douleur chez les animaux. *Chapitre IX.* De quelques caractères physiologiques et pathologiques de la douleur. Irradiation. Intermittence. Addition latente. Retard dans la perception. *Chapitre X.* Théorie biologique de la douleur. Son rôle phylactique.

Dans mon *Rapport quinquennal* (4) je rends compte des travaux accomplis au laboratoire de psycho-physiologie (laboratoire Kasimir) de l'Université de Bruxelles depuis 1898, c'est à dire depuis le moment où j'ai été appelée par M. le professeur Hector Denis à venir prendre la direction des travaux s'accomplissant dans ce laboratoire. Les recherches ont principalement porté sur la douleur et sur la fatigue. Le Cours pratique de psychologie expérimentale, que j'y donne tous les hivers, comprend trois grands chapitres :

1. *La psycho-mécanique*. 2. *La psycho-physique*. 3. *La psychométrie*. Une place importante est réservée en outre aux localisations cérébrales, à l'étude du sommeil normal et artificiel, à la texture du système nerveux, à la fatigue intellectuelle.

II. — Réparation de la fatigue musculaire

(**7**) La fatigue et la respiration élémentaire du muscle. (*Thèse de la Faculté de médecine de Paris 1896, chez Ollier-Henri, 56 p.;* et *Travaux du laboratoire de Physiologie de Ch. Richet, vol. IV.*)

(**8**) Réparation de la fatigue par la respiration élémentaire du muscle (en collab. avec Ch. Richet). *Comptes-Rendus de la Société de Biologie de Paris, 1896, p. 146.*

(**9**) La fatigue et la réparation du muscle lavé de sang (*Comptes-rendus de la Société de Biologie 1898, p. 420*).

(**10**) La vie anaérobie du muscle (*Journal médical de Bruxelles, 8 août 1898,* extrait de 23 p.).

E. Weber (1840), Kilian (1847), Valentin (1847) et, parmi les auteurs modernes Ch. Richet, avaient observé que la réparation de la fatigue pouvait se faire même dans un muscle

(grenouille) extrait du corps. Ce fait, en apparence paradoxal, n'avait cessé d'intriguer les physiologistes, et avait été considéré par certains d'entre eux comme contraire à la théorie toxique de la fatigue et à la théorie toxique du sommeil. La restitution des forces contractiles peut donc se faire dans un muscle soustrait à la circulation.

Mais par quel mécanisme ? C'est la question que j'ai élucidée dans ma thèse de doctorat en médecine (7), faite sous l'instigation et dans le laboratoire de M. Ch. Richet (Paris). C'est l'oxygène de l'air qui intervient ici comme élément réparateur grâce à un phénomène de respiration élémentaire des fibres musculaires. La preuve en est fournie par ce fait qu'un muscle sans circulation, fatigué dans un milieu privé d'oxygène (hydrogène pur, ou eau bouillie et recouverte d'une couche d'huile) *ne se répare pas ;* si on produit la fatigue au moyen de courants électriques, la perte d'excitabilité est irrévocable dans ces conditions. J'ai démontré le fait pour les muscles de la grenouille dont le cœur avait été enlevé et pour les muscles de la pince de l'écrevisse extraite du corps. *La réparation de la fatigue d'un muscle sans circulation ne se fait pas dans un milieu privé d'oxygène. Mais la réparation a lieu si l'on introduit un peu d'oxygène sous la cloche à expérience.* Des tracés illustrent ce phénomène ; pour le démontrer il a fallu recourir à un perfectionnement de la méthode graphique, les tambours de Marey ne transmettant pas dans l'hydrogène.

Ces expériences démontrent ces deux faits importants de physiologie générale : 1°) Des échanges actifs entre l'oxygène de l'air et le muscle ont lieu, en l'absence même de circulation (chez la grenouille) ; 2°) La réparation de la fatigue est due à un phénomène d'oxydation, puisque l'oxygène suffit pour la déterminer.

En faisant beaucoup plus tard des expériences sur l'anémie du bras chez l'homme (56), j'ai reconnu, que la réparation de la fatigue du muscle privé de sang était impossible. Ce résultat est dû à l'absence ou à l'insuffisance des échanges actifs entre l'oxygène de l'air et le muscle chez les animaux homéothermes ; et, en l'absence de circulation, la contraction devient totalement anaérobie. J'ai d'ailleurs montré les différents degrés dans la vie anaérobie du muscle (10) : ils correspondent à des degrés de la fatigue et de la réparation.

Dans ma thèse aussi, au moyen d'expériences multiples et laborieuses faites sur des chiens dont le système circulatoire avait été lavé par un courant de 30 à 40 litres de solution physiologique, j'ai recherché le pouvoir glycolytique des muscles. *Le pouvoir glycolytique du muscle (privé de sang) s'est montré nul dans les conditions d'expériences où je me suis placée* (300 dosages, voir l'original).

Il m'a paru aussi intéressant d'examiner l'excitabllité des muscles privés de sang et par conséquent de ferment glycolytique (9). Un gastrocnémien de grenouille qui a été lavée au préalable, produit à l'air une somme de travail appréciable et *répare sa fatigue*. Ce résultat est intéressant au point de vue de la théorie de la fatigue.

III. — Toxicologie

(**11**) Action toxique curarisante de la neurine (*Comptes-rendus de la Société de Biologie, 1897, p. 348*).

(**12**) Action de la neurine sur les muscles et les nerfs (*Archives intern. de Pharmacodynamie, IV, fasc. III et IV, 1898, extrait de 11 p.*).

(**13**) Curarisants (poisons). *Article du Dictionnaire de Physiologie de Ch. Richet, 1899, extrait de 18 p. in 8°*

J'ai été la première à démontrer d'une façon décisive, que la neurine est douée de propriétés fortement curarisantes (11-12). Dans mon travail d'ensemble (13), qui est le premier de ce genre, je passe en revue toutes les substances curarisantes autres que le curare (dérivés methylés de la pyridine, de la quinoline, de la thalline; la choline, la muscarine, la neurine, la spartéine, la lobéline, la cynoglossine, la gelsémine, la nicotine, la conicine, l'atropine, la strychnine, la brucine, les venins, etc.), en faisant ressortir les relations entre la constitution chimique et la puissance toxique des poisons curarisants.

J'ai étudié en outre l'action de la vératrine, de l'ammoniaque (20), des anesthésiques (27, 28), des poisons glandulaires (23) sur la contraction musculaire. J'ai en préparation un mémoire sur l'action des toxines microbiennes.

Dans son article *Nerv- und Muskelgifte (Ergebnisse der Physiologie*, I, 1902) le Dr *H. Meyer* (de Marburg) fait une large part à mes travaux de toxicologie nerveuse.

IV. — Electrophysiologie

(**14**) Recherches sur la fatigue névro-musculaire et sur l'excitabilité électrique des muscles et des nerfs (*Annales de la Société Royale des Sciences médicales et naturelles de Bruxelles, tome IX, 1900;* brochure de 70 p. avec figures, chez Lamertin; et *Travaux de l'Institut de Physiologie Solvay*).

(**15**) Effets physiologiques des ondes induites de fermeture et de rupture dans la fatigue et l'anesthésiè des muscles (*Annales de la Soc. Roy. des Sciences méd. et nat. de Bruxelles, tome X, 1901;* brochure de 38 p. avec figures, chez Lamertin; et *Travaux de l'Institut de Physiologie Solvay*).

(**16**) De l'excitation des muscles et des nerfs par des courants faradiques de fermeture et d'ouverture (*Com. faite à la Soc. belge de Neurologie*, 31 mai 1902; dans *Journal de Neurologie nº 11, 1902*; extrait de 7 pages).

(**17**) De l'anélectrotonus complet (*Archives d'Electricité medicale* 1900, extrait de 4 p.).

(**18**) Sur une différence qualitative entre les effets excito-moteurs des courants induits de fermeture et d'ouverture (*C. R. de l'Acad. des Sciences de Paris, 9 juin 1902*).

(**19**) De la réaction motrice différentielle du muscle et du nerf (*Communic. au V Congrès de Physiologie, Turin, 1901*).

Je démontre au moyen d'expériences appropriées (14) que la fatigue musculaire n'agit pas à l'instar du curare. En effet, lorsque la fatigue a été produite par un moyen quelconque *sans que les électrodes touchent le nerf exploré* (électrodes dans la moelle, électrodes sur le nerf sciatique du côté opposé, électrodes sur le muscle, action du champ de force de la bobine), le rapport qui existait antérieurement entre l'excitabilité directe et l'excitabilité indirecte du muscle se maintient et se renforce même. La soi-disant action curarisante, constatée par quelques auteurs, est donc le fait de l'altération du tronc nerveux par les électrodes excitatrices.

Dans le même travail, j'étudie la contraction *idio-musculaire* de Schiff, étude qui a été le point de départ de mes recherches sur la contraction tonique (20).

Voici l'énoncé de la conclusion principale de mon travail sur l'anélectrotonus (17) : *le passage pendant dix minutes à travers une petite portion du nerf sciatique de grenouille d'un courant continu de 0,20 de milliampère (électrodes impolarisables) changeant de sens toutes les minutes et s'affaiblissant au cours de l'expérience jusqu'à 0,15 de milliampère, laisse intacte l'excitabilité du nerf dans tout son parcours après l'ouverture définitive du courant continu. C'est l'intensité minima de courant qui puisse produire, lors de son passage, un anélectrotonus complet du nerf.*

Dans d'autres travaux (15, 16) il m'a été possible de dégager ce qui dans l'effet physiologique des ondes induites de

clôture et de rupture, est dû à une différence d'intensité du courant et ce qui est dû à une différence dans la rapidité de la variation du potentiel électrique, en rapport avec les éléments de la constitution physique des deux courants. *Dans la fatigue ou dans l'anesthésie, les courants à variation de potentiel moins brusque tendent à devenir inefficaces beaucoup plus vite que les courants à variation de potentiel plus brusque* (dans les conditions d'expérimentation avec la bobine de Dubois-Reymond). *La décroissance de leur action est plus fortement accentuée pour le courant faradique de fermeture que pour le courant d'ouverture.*

Grâce à ces données nous pouvons faire intervenir un nouveau facteur dans la définition de la fatigue, en disant : *la perte d'excitabilité, survenant dans la fatigue, se caractérise, non seulement par la nécessité d'employer des courants de plus en plus intenses pour produire le même effet qu'au début, mais aussi par la nécessité d'employer des courants à variation de potentiel plus brusque.* La découverte de ces faits n'a pu être faite qu'après une étude minutieuse de plusieurs centaines de préparations névro-musculaires.

La suite de mes travaux d'électrophysiologie, jetant une lumière nouvelle sur le phénomène de la contraction musculaire, sera résumée dans le paragraphe suivant.

V. — Contractilité musculaire et théorie de la contraction

(**20**) Etudes sur la contraction tonique du muscle strié et ses excitants. (*Mémoires couronnés et autres mémoires publiés par l'Académie Royale de Médecine de Belgique, 1903;* brochure de 100 p. avec figures, chez Lamertin; et *Travaux de l'Institut de Physiologie Solvay*).

(**21**) Mécanisme physiologique de la réaction de dégénérescence des muscles (*Bulletin de l'Académie Roy. de Médecine de Belgique, séance du 26 décembre 1903;* brochure de 18 p. avec planche; *Travaux de l'Institut de Physiologie Solvay*).

Deuxième édition dans les *Annales d'Electrobiologie et de Radiologie* du prof. Doumer, Lille, no 6, 1904.

(**22**) Der physiologische Mechanismus der Entartungs-Reaktion (*Zeitschrift für Elektrotherapie und die physikalischen Heilmethoden*, 5 Heft 1904; édition allemande du travail précédent).

(**23**) Influence de l'adrénaline et de quelques autres produits glandulaires sur la contraction musculaire. *Rapport présenté*

à la section de Physiologie du XIV Congrès international de Médecine, tenu à Madrid avril 1903 (*Compte-rendu du Congrès* et *Journal médical de Bruxelles, n°s 27, 28 et 29, 1903;* extrait de 48 p. avec figures).

(24) Sur l'excitabilité des muscles dégénérés (*XIII Congrès des Medecins aliénistes et neurologistes des pays de langue française*, Bruxelles, 1903 ; extrait de 4 p.

(25) Recherches expérimentales sur la Fatigue des organes terminaux (*Comptes-rendus de la Société de Biologie, 1899*, p. 386.

(26) Sur quelques faits d'excitabilité et de contractilité musculaires *(Comptes-rendus de la Société de Biologie, 1903, p. 833)*.

Des constatations récentes ont été le point de départ de la théorie de *Bottazzi*, d'après laquelle le sarcoplasme, lui aussi, serait contractile. La contraction rapide est localisée dans la substance anisotrope, fibrillaire, de chaque fibre ou cellule musculaire; la contraction lente est localisée dans la partie sarcoplasmatique de la fibre. Les travaux de *Bottazzi* montrent qu'il existe une relation systématique entre la forme de la contraction, la structure du muscle et sa fonction.

Dans mon mémoire sur la *Contraction tonique* (20) je confirme par des faits nouveaux la théorie du physiologiste italien. et je donne en outre l'explication d'un grand nombre de phénomènes d'excitabilité musculaire qui paraissaient obscurs : le prolongement de la secousse dans la vératrinisation, dans la chloroformisation, dans l'éthérisation, sous l'influence de vapeurs d'ammoniaque, le galvanotonus, la contracture de Tiegel, l'escalier de Bowditch, l'addition des excitations. Vu la multiplicité des faits accumulés dans ce mémoire, je me vois résignée à n'en résumer que les plus saillants.

Par des expériences appropriées, il m'a été possible de déterminer les différents caractères de la contraction sarcoplasmatique. En prenant la contracture vératrinique pour type, j'ai étudié sa période latente, son amplitude, sa durée, sa forme, ainsi qu'on l'avait fait antérieurement pour la contraction simple ordinaire.

Il existe une indépendance complète entre la contraction initiale, brève, de la vératrine, et la contraction lente, secondaire. Entre les deux contractions il peut s'écouler un intervalle appréciable.

Ce genre de contraction, qui se distingue de la contraction simple par sa forme et sa durée, et qui se distingue du tétanos

par l'absence complète de caractères tétaniques, peut, à juste titre, conserver le nom de *contraction tonique*.

J'ai fait une distinction rigoureuse entre la « contracture de Tiegel » et la « contracture de fatigue » (dite « contracture de Ioteyko »).

La contracture de fatigue serait la réaction normale du sarcoplasme, qui s'établirait automatiquement dans la courbe au moment où les substances toxiques se seront accumulées en quantité suffisante.

La « contraction tonique » est donc la contraction sarcoplasmatique normale, se distinguant par une grande lenteur de propagation de l'onde musculaire. La contraction dite « idio-musculaire » (Schiff) est la contraction du sarcoplasme anémié, fatigué ou mourant, et elle se distingue par l'absence complète de propagation de l'onde musculaire.

Le courant faradique (ondes isolées) n'est pas un excitant approprié pour le sarcoplasme.

Mais le courant galvanique, ainsi que j'ai été la première à le démontrer, est un excitant de choix pour le sarcoplasme (comme la vératrine et beaucoup d'autres substances chimiques). Mes recherches permettent en outre d'admettre que *l'état variable du courant galvanique (fermeture et ouverture) agit comme un excitant principalement sur la substance fibrillaire anisotrope, tandis que le régime permanent du courant agit comme un excitant principalement sur la substance sarcoplasmatique*. Cette découverte est basée non seulement sur les observations concernant l'action du courant galvanique, mais aussi sur toute une série de recherches que j'ai instituées sur la physiologie du sarcoplasme.

Les recherches antérieures avaient montré que plus un muscle est riche en sarcoplasme, moins il est excitable : il lui faut, pour réagir, une *intensité* plus forte du courant. Les expériences actuelles établissent un rapport entre la secousse et la *durée* de l'excitation. La substance fibrillaire (anisotrope), plus différenciée, plus excitable, produit les mouvements rapides et *réagit à une durée d'excitation plus courte* que la substance sarcoplasmatique, qui, étant moins différenciée, moins excitable, produit les mouvements lents et *réagit à une durée d'excitation plus longue*. Et si les ondes faradiques isolées ne sont pas un excitant approprié pour les muscles riches en sarcoplasme, c'est parce que la variation du potentiel électrique est dans ce cas trop brusque pour exciter le sarcoplasme.

Comme le dit le Dr *Léopold Lévi*, (Maladie de Thomsen et Sarcoplasma, (*Revue Neurologique, n° 15, 1905*) « les expériences myographiques de Mlle Ioteyko rencontrent dans la maladie de Thomsen une base anatomique, et il est intéressant de la signaler, puisque M. Masoin, rapporteur de la Commission de l'Académie Royale de Médecine de Belgique, se demande comment sa théorie s'accorde avec les observations histologiques. »

Après avoir établi ces faits, j'ai pu donner l'explication du mécanisme physiologique de la réaction de dégénérescence du muscle, c'est-à-dire du syndrome d'Erb (21).

Morphologiquement, le muscle dégénéré (après section du nerf) présente un retour à l'état embryonnaire : diminution ou disparition de la substance fibrillaire (perte de la striation) et développement considérable du sarcoplasme. Le muscle en état de dégénérescence acquiert donc les caractères morphologiques du muscle lisse. En même temps, il devient un muscle lisse par son fonctionnement. Les réactions les plus caractéristiques des muscles dégénérés sont en effet constituées par 1° La perte de la contractilité faradique du muscle avec conservation de la contractilité voltaïque ; 2° La lenteur de la secousse. La courbe dégénérative n'est autre, que la *courbe sarcoplasmatique de I. Ioteyko*, suivant l'expression de *V. Kipiani* (De l'excitabilité des muscles d'après I. Ioteyko, *Revue de Médecine, n° 6, 1905*).

Quant à l'inversion de la formule qu'on constate lors de la dégénérescence des muscles, il m'a été possible de l'expliquer grâce à la même théorie. Il est de fait que : 1°) le protoplasme non différencié (infusoires) présente normalement l'inversion de la formule, c'est-à-dire la prédominance de la contraction anodique à la fermeture du courant galvanique ; 2°) Les muscles lisses présentent aussi normalement l'inversion de la formule ; 3°) Les muscles striés mis en état de dégénérescence, ayant perdu leur striation et étant devenus très riches en sarcoplasme, présentent l'inversion de la formule ; 4° Seuls les muscles striés normaux, c'est-à-dire très pauvres en sarcoplasme, mais extrêmement riches en fibrilles, suivent la loi des actions polaires de Pflüger et de Chauveau, c'est-à-dire que chez eux l'excitation est produite par la fermeture du courant à la cathode.

Ces faits m'ont permis d'énoncer une *loi des actions polaires :*

Les actions polaires sont une caractéristique de l'excitabilité des différentes substances contractiles. L'excitation est produite par la fermeture du courant à la cathode pour la substance fibrillaire anisotrope;

l'excitation est produite par la fermeture du courant à l'anode pour le protoplasme (plasma des rhizopodes, sarcoplasma des muscles). N'oublions pas que le protoplasme est sensible aussi au passage même du courant. *Il existe donc une sorte d'antagonisme entre le protoplasme non différencié et le protoplasme différencié : chez le premier l'excitation est anodique* (fermeture)*; chez le second l'excitation est cathodique.*

Dans sa séance de juillet-août 1904, *La Société française d'Electrothérapie et de Radiologie* a admis dans ses grandes lignes ma théorie sur le mécanisme physiologique de la réaction de dégénérescence des muscles.

« Pour notre part, écrivent MM. *Laquerrière et Delherm (Remarque au sujet de la théorie de Mlle Ioteyko sur le mécanisme de la R. D., Bulletin officiel de la Société française d'Electrothérapie et de Radiologie*, juillet-août 1904), nous ne demandons qu'à y souscrire pleinement ; car depuis longtemps, sans être des physiologistes de profession, nous avions été frappés par certaines analogies entre la fibre lisse et la fibre striée dégénérée. Déjà à ce moment nous avions l'intention d'attirer l'attention sur la lenteur de la contraction et la prédominance d'action du pôle positif. Ce que nous avons considéré autrefois comme une hypothèse trop vague pour être émise, nous la trouvons aujourd'hui transformée en une théorie qui s'appuie sur les arguments très nombreux et des plus sérieux grâce à Mlle Ioteyko. Pour conclure, nous dirons, histologiquement comme physiologiquement, le muscle dégénéré se rapproche du muscle lisse et ses réactions électriques sont, cela parait extrêmement probable après les savants travaux de Mlle Ioteyko, des réactions sarcoplasmatiques. » Après un échange de vue et discussion, MM. *Oudin* et *Courtade* affirment qu'ils se rallient « à la théorie si bien établie de notre savant confrère de Bruxelles ».

Dans un autre travail (23) je me suis attachée à étudier l'action des différentes substances glandulaires, et principalement de l'adrénaline, sur la contraction musculaire. Ces substances agissent sur les muscles d'autant plus énergiquement qu'ils sont plus riches en sarcoplasme : les muscles lisses sont extrêmement sensibles à cette action, et les muscles striés rouges le sont plus que les muscles striés pâles. On peut en conclure que l'adrénaline est avant tout un excitant sarcoplasmatique. Je propose la dénomination de « poisons physiologiques du muscle » aux produits de ces glandes qui, en agissant chimiquement sur la substance musculaire et principalement sur le sarcoplasme, ont la propriété remarquable d'augmenter considérablement le tonus des muscles. Cette augmentation de tonus devient appréciable surtout au moment de l'excitation électrique (et nerveuse) en créant des conditions très favorables pour la contraction, qui se fait sur une ligne de tonicité plus élevée et subit un accroissement. L'action chimique des glandes

facilite donc l'action du stimulus nerveux et constitue un des actes préparatoires de la contraction. On peut appeler *sensibilisatrices* ces substances dont le rôle est d'augmenter la sensibilité (réceptivité) du muscle au stimulus nerveux.

Le muscle *in vivo* est donc soumis à l'action des excitations directes, ce qui constitue une économie de l'effort.

En préparation : Action des toxines microbiennes sur la contraction (poisons pathologiques des muscles).

VI. — Anesthésie des muscles, des nerfs et des centres nerveux

(En collaboration avec Mlle Dr M. Stefanowska)

(**27**) Influence des anesthésiques sur l'excitabilité des muscles et des nerfs (*Annales de la Société Royale des Sciences médicales et naturelles de Bruxelles, t. X,* 1901 ; brochure de 64 p., avec figures, chez Lamertin ; et *Travaux de l'Institut de Physiologie Solvay*).

(**28**) Dissociation des phénomènes de sensibilité et de motilité dans l'anesthésie par l'éther (*Bulletin de l'Académie Royale de Médecine de Belgique, 31 mai 1902 ; extrait de 34 p.*

(**29**) Analyse des mouvements et de la sensibilité dans l'anesthésie par l'éther (*Com. faite à la Société belge de Neurologie,* 22 février 1902 ; dans *Journal de Neurologie 1902,* p. 101-104).

(**30**) Anesthésie des nerfs sensitifs et moteurs (*Com. faite à la Société belge de Neurologie 25 janvier 1902 ;* dans *Journal de Neurologie 1902,* p. 68-72).

31) De l'envahissement successif par l'anesthésie des centres nerveux sensitifs et moteurs de l'écorce cérébrale *C. R. de la Société de Biologie 1902, p. 31-32*).

(**32**) L'anesthésie comme procédé de dissociation des propriétés sensitives et motrices du système nerveux (*C. R. de la Société de Biologie, 1902, 32-33*).

(**33**) De la gradation des effets des anesthésiques (*Com. au V Congrès intern. de Physiologie. Turin, septembre 1901;* dans *Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève, tome XIII, 1902 ; extrait de 12 p.*).

(**34**) De l'équivalent de la loi de Ritter-Valli dans l'anesthésie des nerfs (*C. R. de la Soc. de Biologie, 1901 ; nº 40*).

(**35**) De l'envahissement successif par l'anesthésie des

fibres nerveuses sensitives et motrices (*C. R. de la Société de Biologie, 1901, n° 40*).

(36) Anesthésie générale et anesthésie locale du nerf moteur (*C. R. de l'Académie des Sciences de Paris, 26 juin 1899*).

(37) Contribution à l'étude expérimentale de l'anesthésie par l'éther (*Année psychologique, X, 1904, p. 470-473*).

Grâce à des expériences appropriées il nous a été possible de dresser une liste des appareils nerveux par ordre de susceptibilité à l'action anesthésique; cette liste comprend par ordre décroissant : 1° les centres sensitifs de l'écorce; 2° les centres moteurs de l'écorce; 3° les territoires sensitifs de la moelle; 4° les territoires moteurs de la moelle; 5° le bulbe; 6° les fibres nerveuses sensitives; 7° les fibres nerveuses motrices; 8° le muscle.

En descendant l'arbre nerveux, nous abordons des territoires de plus en plus réfractaires à l'action anesthésique. Et dans chaque territoire l'élément sensitif est plus susceptible que l'élément moteur.

Quant à *l'analgésie* qu'on observe pendant l'anesthésie générale, elle est un des premiers phénomènes à apparaître et l'un des derniers à disparaître dans la série des symptômes. Ceci nous amène à rattacher la suppression de la douleur à une action des anesthésiques sur les centres supérieurs. *L'analgésie toxique est un phénomène cortical.*

VII. — Etude psycho-physiologiques sur la douleur et théorie de la douleur

(38) Recherches algésimétriques (en collaboration avec Mlle Dr Stefanowska). *Bulletin de l'Acad. Royale de Belgique, classe des sciences, n° 2, 1903;* extrait de 86 p., chez Lamertin.

(39) Asymétrie dolorifique (en collab. avec Mlle M. Stefanowska). *Com. à la Société belge de Neurologie, 28 mars 1903;* dans *Journal de Neurologie n° 8, 1903;* extrait de 8 p.).

(40) Algésimétrie bilatérale chez 50 sujets (en collab. avec Mlle M. Stefanowska). *C. R. de la Société de Biologie, 1903, p. 611.*

(41) Contributions à l'étude expérimentale de la douleur (*Année Psychologique, X, 1904, p. 461-470*). En collaboration avec Mlle M. Stefanowska.

(42) Sur la spécificité des nerfs et de l'excitant de la douleur (*Com. à la Société Roy. des Sciences méd. et nat. de Bruxelles, 6 novembre 1905*; *Bulletin de la Société, extrait de 6 p.*).

(**43**) Les substances algogènes (*Discours prononcé à la séance d'ouverture du I congrès belge de Neurologie et de Psychiatrie, Liége, 28 septembre 1905; brochure de 12 p. extraite du Journal de Neurologie*). Traduit en géorgien par M[lle] Varia Kipiani.

Voici résumés très brièvement les faits essentiels de ces études. *Si l'on représente par 10 la sensibilité à la douleur du côté gauche, le plus sensible, il faut représenter par 9 la sensibilité à la douleur du côté droit, le moins sensible.* Cette loi est exacte aussi bien pour les droitiers que pour les gauchers. Il n'y a donc pas pour la douleur ce renversement de la sensibilité constaté chez les gauchers par *Van Biervliet* pour la sensibilité musculaire, auditive, visuelle et tactile. Ceci plaide en faveur de l'existence des centres spéciaux pour la douleur.

La fatigue intellectuelle modérée produit de l'hyperalgésie; la fatigue intellectuelle très prononcée conduit à l'hypoalgésie. Nous croyons pouvoir rattacher les oscillations de la sensibilité dolorifique lors de la fatigue intellectuelle, au degré de l'anémie cérébrale.

Sous l'influence locale du menthol nous voyons apparaître une dissociation extrêmement caractéristique entre la sensibilité tactile, dolorifique et thermique. Le menthol est un excitant énergique pour les nerfs du froid et les nerfs du chaud, un déprimant énergique pour les nerfs dolorifiques et un déprimant très faible pour les nerfs de la sensibilité tactile. Nos contributions personnelles sont donc un argument en faveur de la séparation des organes du tact et de la douleur.

Dans mon discours présidentiel au *I Congrès belge de Neurologie et de Psychiatrie* (43) je mets en avant une théorie dans laquelle je m'attache à démontrer *la spécificité de l'agent* qui provoque les sensations douloureuses, autrement dit de l'*excitant de la douleur*.

L'excitation forte qui produit la douleur n'agit pas en tant qu'excitation forte, mais par les produits toxiques qu'elle engendre. *La douleur est due à une intoxication des terminaisons nerveuses dolorifères.*

L'ébranlement des terminaisons nerveuses dolorifiques par des poisons algogènes nés sur place au moment de l'excitation forte se transmet au cerveau.

La formation des substances algogènes n'est pas instanta-

née, comme le démontre le retard dans la perception de la douleur (900 millièmes de seconde). Ce retard, qui n'avait jamais été expliqué jusqu'à présent, devient non seulement compréhensible, mais quasi même indispensable dans la *théorie toxique de la douleur*, car il serait dû au temps nécessaire pour la formation et pour l'accumulation des substances algogènes.

On arrive ainsi à comprendre pourquoi Ch. Richet, Goldscheider, Gad, Naunyn ont toujours considéré que la douleur est due à la sommation des excitations. Nous dirons que la sommation est chimique et qu'elle se fait à la périphérie sensitive. La douleur n'apparaît que quand les substances toxiques ont acquis une certaine concentration.

La douleur se caractérise aussi par sa persistance et par son irradiation. Ces deux particularités s'expliquent très bien par la présence et la diffusion des substances algogènes.

Il y a aussi des arguments qu'on peut invoquer par analogie : douleur produite par les toxines microbiennes, par les poisons et les venins.

VIII. — La fatigue et la résistance des centres nerveux spinaux

(**44**) Recherches expérimentales sur la résistance des centres nerveux médullaires à la fatigue. (*Annales de la Société Roy. des Sciences méd. et nat. de Bruxelles, tome VIII, 1899;* brochure de 54 p. avec figures, chez Lamertin; et *Travaux de l'Institut de Physiologie Solvay*).

(**45**) Recherches expérimentales sur la fatigue des centres nerveux par l'excitation électrique (*C. R. de la Société de Biologie, 1899, p. 384*).

(**46**) Le travail des centres nerveux spinaux (*C. R. de l'Acad. des Sciences de Paris, 1900, CXXX, p. 667.*).

J'ai été la première à imaginer des expériences propres à étudier la fatigue et de la résistance des centres nerveux spinaux de la grenouille. J'ai employé trois procédés :

1° *Electrotonisation d'un nerf.* On fait passer par un trajet du nerf un fort courant électrotonisant, qui arrête l'influx nerveux venu des parties supérieures. Ce procédé sert à mesurer la résistance de la moelle. Celle-ci est excitée par un courant tétanisant soit directement soit par voie reflexe. Pendant l'excitation tétanisante, le gastrocnémien, dont le nerf n'a pas été électrotonisé,

se tétanise jusqu'à épuisement complet, l'autre reste au repos. Si maintenant, sans interrompre l'excitation de la moelle, on ouvre le courant anélectrotonisant, la transmission s'opère sans obstacle dans le nerf électrotonisé, et on voit son gastrocnémien entrer en tétanos. Comme son excitation lui vient de la moelle, il est évident que les centres médullaires sont au moins deux fois plus résistants à la fatigue que les organes terminaux, parce qu'ils ont pu fournir un travail double. Illustration au moyen de graphiques (voir aussi mon article *Fatigue* du Diction. de Physiol. de Ch. Richet). 2° *Ethérisation du nerf.* Méthode semblable en tous points à la première, avec cette seule différence que l'électrotonisation est remplacée par l'ethérisation d'une portion du nerf. *La moelle peut être excitée pendant un temps au moins quatre fois plus long que le muscle, sans qu'on puisse déceler aucun signe de fatigue.* 3° *Strychnisation de la moelle et etherisation du nerf.* La moelle légèrement strychnisée est au moins cent fois plus résistante à la fatigue que ne l'est le muscle. Le siège de la fatigue est donc situé à la périphérie.

IX. — La fatigue et la résistance des centres psycho-moteurs de l'homme. La théorie du siège periphérique de la fatigue.

(47) L'effort nerveux de la Fatigue. (*Archives de Biologie de Van Beneden, t. XVI, 1899; brochure de 57 p., chez Vaillant-Carmanne, 1900, Liège*).

(48) La résistance à la fatigue des centres psycho-moteurs de l'homme (*Com. faite à la Soc. des Sciences méd. et nat. de Bruxelles, 9 janvier 1900, et extraite du Bulletin de cette Société, 15 pages*).

(49) Participation des centres nerveux aux phénomènes de fatigue musculaire (*Année Psychologique, VII, 1900, p. 161-186;* et *Journal médical de Bruxelles, n° 36, 1901*).

(50) Le siège de la Fatigue (*Revue générale des Sciences pures et appliquées*, 30 mars 1902, p. 294-300).

(51) Le quotient de la Fatigue (*C. R. de l'Académie des Sciences de Paris, 1900, p. 527*).

(52) Distribution de la fatigue dans les organes centraux et périphériques (*Com. au IV Congrès intern. de Psychologie, Paris, 1900; Compte-rendu du Congrès, p. 77*).

(53) La fatigue comme moyen de défense de l'organisme

(*Com. au IV Congrès intern. de Psychologie, Paris 1900, Compte-Rendu des Séances, p. 230* .

(**54**) De la gradation des effets de la fatigue (*Com. au V Congrès intern. de Physiologie, Turin 1901; Compte rendu dans les Archives italiennes de Biologie*).

(**55**) Effets du travail de certains groupes musculaires sur d'autres groupes qui ne font aucun travail (*C. R. de l'Académie des Sciences de Paris, 1900, p. 917*).

J'ai été la première à étudier, au moyen d'expériences appropriées, *le siège de la fatigue* des mouvements volontaires. L'opinion généralement admise, à savoir, que les centres psycho-moteurs sont plus fatigables que les organes terminaux, n'avait pour elle aucune preuve expérimentale, mais reposait entièrement sur des analogies plus ou moins lointaines.

J'ai imaginé pour ces études, deux nouvelles méthodes : *la methode ergo-dynamométrique* et *la méthode du quotient de fatigue.* Il m'a été possible d'établir la distinction entre deux types sensitivo-moteurs, le type *dynamogène* ou *sthénique* et le type *inhibitoire* ou *asthénique*, suivant le mode de réaction cérébrale accusée par les sujets après une ou plusieurs courbes à l'ergographe. L'examen de la force dynamométrique de la main gauche, qui n'a pas participé au travail ergographique, peut en effet nous servir d'indicateur de l'état des centres nerveux, l'état des muscles fléchisseurs restant le même. Chez la majorité des sujets, la valeur de la pression dynamométrique *augmente* après l'ergogramme (type dynamogène); chez un petit nombre de personnes, l'effort dynamométrique *diminue* type inhibitoire), mais cet état de dépression disparaît très rapidement. Et même *Woodworth* (Le Mouvement, Bibl. de Psychol. expérimentale du Dr Toulouse) pense que, dans mes expériences, la dépression constatée n'est pas nécessairement due à une vraie fatigue des centres nerveux, mais qu'elle est due à la sensation de fatigue qui vient inhiber le mouvement.

Le type inhibitoire aussi bien que le type dynamogène, accusent toujours une diminution du quotient de fatigue dans les courbes successives. J'énonçais la loi suivante : *Le quotient de fatigue, qui est le rapport entre la hauteur totale des soulèvements et leur nombre dans une courbe ergographique (hauteur moyenne), et qui dans des conditions identiques est mathématiquement constant pour chaque individu (quotient personnel), subit une décroissance progressive dans les courbes ergographiques qui se suivent à des intervalles de temps réguliers*

et insuffisants pour assurer la restauration complète d'une courbe à une antre (fatigue dite *rémanente*).

La loi de la décroissance du quotient de fatigue, que j'ai constatée sur un grand nombre d'individus, peut être considérée comme l'expression de l'état normal. Sa signification physiologique est que *la fatigue des mouvements volontaires envahit en premier lieu les organes périphériques,* car des deux facteurs constituants du quotient de fatigue, ainsi que *Kraepelin* a été le premier à le démontrer, le premier (hauteur) dépend surtout de l'état des muscles, le deuxième (nombre dépend surtout de l'état des centres nerveux volontaires.

Ces faits m'ont conduit à élaborer une *théorie du siège périphérique de la fatigue* (1899), d'après laquelle le muscle (ou plutôt les terminaisons nerveuses motrices) se fatigue plus rapidement que les centres nerveux (voir paragraphe précédent ; ce qui n'exclut pas pour ces derniers la possibilité de se fatiguer aussi pour des efforts plus longs et plus intenses (fatigue chronique, neurasthénie). Mais dans les conditions normales, la fatigue périphérique, qui constitue une soupape de sûreté pour l'organisme, peut remplir aisément son rôle *cinéto-phylactqiue* (moyen de défense de l'organisme).

Ma théorie du siège périphérique de la fatigue, qui a pour elle encore beaucoup d'autres preuves, a été généralement admise, notamment par les physiologistes et psychologues américains.

X. — Loi mathématique de la fatigue chez l'homme déduite des recherches expérimentales

(**56**) Les lois de l'Ergographie. Etude physiologique et mathématique (*Bulletin de l'Académie Royale de Belgique, classe des Sciences, nº 5, 1904, p. 557-726;* brochure de 172 p. avec figures, chez Lamertin; et *Travaux de l'Institut Solvay de Physiologie*).

Deuxième édition dans les *Annales d'Electrobiologie, 1905.*

(**57**) Sur une loi de décroissance de l'effort à l'ergographie (en collab. avec M. Ch. Henry). (*C. R. de l'Académie des Sciences de Paris, 30 mars 1903*).

(**58**) Sur l'équation générale des courbes de fatigue (en collab. avec M. Ch. Henry). (*C. R. de l'Académie des Sciences de Paris, 24 août 1903*).

(**59**) Sur les modifications des constantes ergographiques

dans diverses conditions expérimentales (alcool, sucre, caféine, anémie du bras, main droite et main gauche). *C. R. de l'Acad. des Sciences de Paris*. *24 mai 1904*).

(60) La loi de l'économie de l'effort en dynamique nerveuse (*Com. au VI Congrès intern. de Physiologie, Bruxelles, 1904*).

(61) L'équation de la courbe de fatigue et sa signification physiologique (*Ibid.*)

Déjà en 1899 je suggérais qu'il y avait matière à l'établissement d'une formule mathématique de la loi de l'épuisement. Cette formule, que nous trouvions en 1903, M. Ch. Henry et moi, en nous basant sur mes travaux antérieurs sur la fatigue, donne la clef de toute l'ergographie, aussi bien normale que pathologique:

La courbe ergographique est une parabole de troisième degré dont l'équation est

$$\eta = H - at^3 + bt^2 - ct$$

η étant la hauteur de n'importe quelle contraction, H la valeur de l'effort maximum initial (en millimètres), t le temps (unité de temps = 2 secondes, les contractions se faisant d'habitude à ce rythme), *a*, *b*, *c*, des constantes ou paramètres.

Cette loi mathématique, exprimée en langage physiologique veut dire que la courbe ergographique se trouve à chaque instant sous l'influence de trois facteurs (les constantes ou paramètres) agissant pour leur propre compte. Parmi les constantes, *b* est positive, c'est à dire qu'elle élèverait la courbe ergographique suivant le carré du temps ($+bt^2$) si elle agissait seule. Les deux autres constantes sont négatives; la constante *c*, dans le cas où elle agirait seule, tendrait à faire abaisser la courbe proportionnellement au temps ($-ct$); et la constante *a*, agissant seule, tendrait à faire abaisser la courbe suivant le cube du temps ($-at^3$). Comme elles agissent toutes à la fois, et d'une façon constante d'un bout à l'autre de la courbe, celle-ci est le résultat de l'action combinée de ces trois facteurs (paramètres ou constantes).

Les constantes ou paramètres peuvent être reliés à des caractéristiques physiologiques. Dans mon mémoire (56) j'ai accumulé de nombreuses preuves qui montrent avec toute certitude que le paramètre positif *b* est dû à l'action des centres nerveux, dont l'effort grandit au cours du travail ergographique pour lutter contre la paralysie qui envahit le musle. La constante négative *c* doit être considérée comme proportion-

nelle à la perte de puissance due à la diminution des réserves disponibles d'hydrates de carbone. La constante négative *a* est attribuée à l'usure des albuminoïdes et à l'intoxication du muscle par les toxines musculaires, issues de la décomposition des matières albuminoïdes. Ce dernier terme est extrêmement petit, ce qui signifie, que l'intoxication insignifiante au début, grandit ensuite avec grande rapidité.

Les paramètres ont respectivement la même valeur dans des courbes identiques graphiquement. Mais la valeur des paramètres (exprimables par des nombres) change avec toute modification dans la *forme* de la courbe. Il en résulte qu'en changeant les conditions expérimentales, on change la forme de la courbe, et en même temps la valeur des paramètres. La méthode acquiert donc une grande importance comme procédé de recherches. Elle permet de donner l'interprétation des courbes ergographiques. Voici les principaux résultats des expériences que j'ai instituées à cet égard :

Alcool. Avec des petites doses d'alcool on constate une augmentation de *b* et une diminution de *a*. La première de ces actions est attribuée à l'action excitante exercée par l'alcool sur les centres nerveux. La seconde — à l'action alimentaire de l'alcool, qui fait que les albuminoides sont épargnées et les toxines diminuées consécutivement.

Sucre. Le sucre est un aliment par excellence et non un excitant. Il diminue *a* sans augmenter *b*.

Caféine. L'Etude des paramètres a dévolu à la caféine le rôle d'un stimulant du système nerveux, dépourvu de toute action alimentaire.

Anémie du bras. Les toxines restent sur place (augmentation énorme de *a*), les centres nerveux envoient des excitations très fortes pour vaincre la résistance des muscles (augmentation de *b*). H diminue, et *c* est augmenté (la quantité d'hydrates de carbone diminue rapidement).

Fatigue rémanente. Les effets de l'accumulation de la fatigue d'une courbe à une autre se traduisent par une augmentation croissante de *b* et par une augmentation de *a*. L'accumulation de fatigue chez les personnes normales est donc due principalement à l'intoxication par les déchets de la nutrition.

Quant aux centres nerveux, leur excitabilité grandit pour lutter plus efficacement contre l'inertie grandissante du muscle. Confirmation tout à fait décisive de ma théorie du siège périphérique de la fatigue.

De toutes ces recherches se dégage une loi encore plus générale, que j'ai appelée LA LOI DE L'ÉCONOMIE DE L'EFFORT EN DYNAMIQUE NERVEUSE : *l'intensité de l'effort nerveux croit toutes les fois que les conditions mécaniques du travail des muscles deviennent plus difficiles.* Et inversement, *l'intensité de l'effort nerveux décroit quand le travail musculaire à faire devient plus facile.*

XI. — Problèmes de l'alimentation

(62) Ergographie du sucre (*Com. faite à la Société Royale des Sciences médicales et naturelles de Bruxelles*, 9 janvier 1905).

(63) L'alcool, le sucre et la caféine et leur influence sur le travail musculaire. (*Revue de la Société Scientifique d'Hygiène alimentaire, Paris. tome II, no 5, 1905, p. 483-491;* voir aussi *Le Scalpel* 1906 ; en collab. avec Mlle Kipiani, et M. M. Romain, Pinsonnat, Leroy et Gérard).

(64) Influence du sucre sur le travail musculaire (*Com. faite au I Congrès intern. de Sucrerie, Liége, 7 juillet 1905;* dans la *Sucrerie belge*, no 5, 1905).

(65) Sucre et travail musculaire (*Revue Contemporaine*, no 12, 1905).

(66) De l'action hyperkinétique de l'alcool (*Com. faite au Congrès intern. d'Hygiène et de démographie, Bruxelles, 1903*).

En préparation : *Etude physiologique sur les végétariens* (en collab. avec Mlle Varia Kipiani).

La possibilité d'appliquer la formule mathématique des courbes de fatigue et la solution des problèmes de l'alimentation a été exposée à la *Soc. Roy. des Sciences de Bruxelles* et au *Congrès de Sucrerie* tenu à Liége en juin 1905. La méthode mathématique permet de faire une distinction rigoureuse entre les propriétés excitantes et les propriétés alimentaires d'une substance, question non encore résolue malgré les progrès de la chimie physiologique (voir paragraphe précédent).

XII. — Hygiène. Thérapeutique. Diagnostic des maladies. Contractures

(67) L'analyse mathématique des courbes de fatigue comme procédé de diagnostic dans les maladies nerveuses (*Com. faite au I Congrès belge de Neurologie et de Psychiatrie, Liége, 28 au 30 septembre 1905; extrait de 6 p. du Journal de Neurologie, 5 janvier 1906*).

Pour paraitre en allemand dans *Psychiatrisch-Neurologisches Wochenschrift*.

Pour paraître en italien dans *Rivista di Psicologia applicata alla Pedagogia et alla Psicopatologia*.

(68) Un cas de tics de la face guéri par suggestion (*Com. faite à la Société belge de Neurologie, 25 novembre 1905;* extrait de 7 p. du *Journal de Neurologie, 5 janvier 1906*).

(69) De l'action analgésiante du menthol (*C. R. de la Société de Biologie, nº 16, 1903*).

(70) A propos du haut mal de Marie Leczinska (*Revue Scientifique, 15 décembre 1900*).

(71) *Sur la mesure de la fatigue professionnelle* (Discussion au *Congrès intern. d'Hygiène et de Démographie*, septembre, 1903, Bruxelles).

(72) Notre régime scolaire préparerait-il des anormaux? (*Ecole nationale* de V. Mirguet, 15 juillet 1905, Bruxelles).

En préparation : *Etudes sur la fatigue professionnelle* (Volume des *Etudes Sociales*, publiées par l'Institut de Sociologie de Bruxelles).

La possibilité d'appliquer la formule mathématique des courbes de fatigue et la solution des questions concernant le *diagnostic des maladies nerveuses* a été exposée au I Congrès belge de Neurologie et de Psychiatrie de Liége (67). Le calcul des paramètres permet de dire si une action est centrale ou périphérique, il permet donc de diagnostiquer le siège des modifications produites. L'examen des paramètres des courbes des neurasthéniques décidera définitivement si leur affection a une origine dans le système nerveux ou dans les muscles. Dans les différentes paralysies *l'ergodiagnostic* pourra être appliqué au même titre que l'electrodiagnostic.

Cette étude pourra être très fructueuse dans l'évaluation du degré de fatigue des ouvriers. J'ai d'ailleurs, au *Congrès intern. d'Hygiène et de Demographie de Bruxelles*, indiqué les règles qu'il fallait suivre dans l'étude de la fatigue professionnelle, et j'al insisté sur l'importance des mathématiques et pour cause : la découverte de l'équation générale des courbes de fatigue était déjà un fait accompli *Ch. Henry* et *I. Ioteyko*). Mais plus tard, j'ai perfectionné encore beaucoup cette méthode et lui ai donné l'appui expérimental nécessaire.

Le Dr *Léopold Lévi* (Maladie de Thomsen et Sarcoplasma. *Revue Neurologique, nº 15, 1905*), en se basant sur mes travaux, trouve une analogie complète entre la maladie de Thomsen et l'exaltation chimique de la fonction sarcoplasmatique. L'idée première appartient à Schiff, qui considérait que les grenouil les présentant le phénomène de contracture, étaient atteintes de la maladie de Thomsen. Seulement du temps de Schiff, la contraction sarcoplasmatique portait le nom de contraction « idio-musculaire » (bien que l'analogie ne soit pas complète, ainsi que je l'ai démontré). J'ai poursuivi la même idée dans mes travaux antérieurs. Comment expliquer, se demande le Dr Lévi, que dans cer-

tains cas, on peut observer la maladie de Thomsen sans lésions musculaires? « Les recherches de Ioteyko en permettent encore l'interprétation. Ce physiologiste a mis, en effet, en lumière que, sous l'influence d'un grand nombre de poisons, tels que la vératrine, l'ammoniaque, les sels de soude et de potasse, l'excitabilité sarcoplasmatique est considérablement augmentée. Fait important : les poisons autogènes, poisons physiologiques, sont susceptibles également de donner lieu à un hyperfonctionnement sarcoplasmatique. Mlle Ioteyko l'a démontré pour l'adrénaline et quelques autres produits glandulaires. Ces substances sont de véritables *sensibilisatrices* (Ioteyko) dont le rôle est d'augmenter la réceptivité du muscle au stimulus nerveux, etc. »

J'ai été la première à donner une explication scientifique de la *contracture* dite *pathologique* (20, 77). La contracture des hystériques et d'autres malades présente deux particularités tout à fait uniques : *elle ne s'accompagne pas de sensation de fatigue* (elle peut persister pendant des mois) et, la *température du muscle contracturé ne s'élève pas*. La contracture pathologique ne peut être due qu'à un excès d'excitation du sarcoplasme de certains groupes musculaires. C'est l'unique interprétation possible, car seule la contraction du sarcoplasme peut être aussi durable, sans donner lieu à des transformations chimiques appréciables.

La contraction du sarcoplasme intervient aussi très efficacement dans la vie physiologique. Je l'ai dénommée « contraction économique », car elle se fait avec une dépense minime (par opposition avec la contraction « tétanique », résultant de la fusion des secousses de la substance fibrillaire anisotrope).

XIII. — Mécanique animale. Travail dynamique et travail statique et leur équivalence énergétique

(**73**) Mesure graphique de la Fatigue isométrique *(Annales de la Soc. Roy. des Sc. méd. et nat. de Bruxelles, t. X, 1901, extrait de 7 p.*; et *Travaux de l'Institut Solvay de Physiologie).*

(**74**) Mesure de la force dynamométrique des deux mains chez 140 étudiants de l'Université de Bruxelles (*Com. faite à la Société d'Anthropologie de Bruxelles, 30 mars 1903*; extrait de 9 p. des *Mémoires* de la Société, XXII, 1903-1904).

(**75**) Sur une relation entre le travail et le travail dit statique, énergétiquement équivalents à l'ergographe (en collab. avec Ch. Henry). *C. R. de l'Acad. des Sciences de Paris, 28 décembre 1903.*

(**76**) Sur la mesure et sur les lois des variations de l'énergie disponible à l'ergographe suivant la fréquence des contrac-

tions et le poids soulevé (en collab. avec Ch. Henry). *C. R. de l'Acad. des Sciences de Paris*, 21 novembre 1904.

En préparation : *Mémoire sur le travail statique.*

M. Ernest Solvay (Sur l'énergie en jeu dans les actions dites statiques, sa relation avec la quantité de mouvement et sa différenciation du travail. (*C. R. de l'Acad. des Sciences de Paris*, 24 mai 1904) a montré qu'il n'y a pas de relation générale possible entre un travail dit statique et l'énergie mise en jeu. On peut satisfaire à l'exigence des dimensions d'une vitesse (relation cherchée) par une infinité d'expressions. Un de ces mécanismes est le jet d'eau qui a été considéré par M. Solvay, c'est à dire un jet de vitesse constante. On peut se poser le problème : dissocier dans un jet bien défini et sustentateur d'une masse la part de dépense qui revient au travail statique et la part de dépense qui revient à l'élévation... Cette conception a été très féconde en résultats.

La relation a été trouvée au moyen de l'ergographe par *Ch. Henry* et *I. Ioteyko* (75. La fonction cherchée est remarquament représentée par une droite : *Les travaux dynamiques croissent proportionnellement aux travaux statiques énergétiquement équivalents ; le coefficient de proportionnalité est* $\frac{1}{120}$ (pour détails de la méthode expérimentale et pour calculs voir l'original).

XIV. — Conférences. Discours

(77) La dualité fonctionnelle du muscle (*Conférence faite à la Société belge de Neurologie, 28 mai 1904;* extrait de 20 p. du *Journal de Neurologie*).

(78) La fatigue intellectuelle et sa mesure (*Conférence du laboratoire psych. Kasimir ; Revue de l'Université de Bruxelles, avril 1903 ;* extrait de 41 p.)

(79) Excitabilité et fatigue (*Conférence du labor. psychol. Kasimir ; Revue de l'Univ. de Bruxelles, novembre 1901 ;* extrait de 23 p.).

(80) L'Energétisme psychique (*Cours de Psychologie ; Revue de l'Univ. de Bruxelles, janvier-février 1906 ;* extrait de 27 p.).

(81) Allocution de la Présidente (*Société belge de Neurologie, séance du 27 mai 1905*).

Voir aussi mon *Discours présidentiel au Congrès de Liége* (43).

XV. — Varia

(82) A propos des femmes mathématiciennes (*Revue Scientifique, 2 janvier 1904*).

(83) A propos de fatigue cérébrale (*Année Psychologique, VIII*, 1901, p. 577-582).

(84) Notice sur le laboratoire Kasimir (Psychologie expérimentale de l'Univ. de Bruxelles (*Com. au IV Congrès intern. de Psychologie, Paris, 1900; Compte-Rendu, p. 454*).

(85) Notice sur le I Congrès belge de Neurologie et de Psychiatrie (*Revue de Psychiatrie et de Psychologie, 1906*)

(86) Résumé de ses travaux scientifiques (brochure de 32 pages, Gand, 1906.

XVI. — Travaux en polonais

(87) Siedlisko znuzenia (*Przeglad lekarski, 1902, Cracovie*).

(88) Metoda graficzna i badania nad znuzeniem (*Wszechswiat*, 1899, Varsovie).

(89) Asymetrya czuciowa a osrodki dla bolu (avec M. Stefanowska). *Przeglad Filozoficzny*, 1904, Varsovie.

(90) Zasady Psychoterapü (Ateneum, 1894, Varsovie).

(91) O zyciu bez powietrza (Ateneum, 1898, Varsovie).

(92) Sprawozdanie z I belgijskiego Kongresu neurologow i psychiatrow (*Nowiny lekarskie*, 1906, Posen).

(93) Znuzenie jako srodek obrony ustroju (*IX Congrès des médecins et des naturalistes polonais*, Cracovie, 1900.

(94) Teorya algogenów (*Przeglad filozoficzny*, 1906, Varsovie).

(95) Wystawa hygieniczna w Petersburgu (*Przeglad tygodniowy*, Dodatek, 1893, Varsovie).

(96) Toksyny mikrobowe i zwierzece (*Ibid.* Dodatek, 1897).

(97) Choroba pesymizmu (*Ibid.*, Dodatek, 1892).

(98) Kojarzenia mysli w melancholii (*Ibid.*, 1894).

(99) Podstawy biofizyki (*Ibid.*, Dodatek, 1891).

(100) O morfinomanii (*Ibid.*, Dodatek, 1893).

(101) Kartki fizyologiczne (*Ibid.*, Dodatek, 1899).

XVII — Travaux de ses élèves

(102) Ergographie de la main droite et de la main gauche (*Bulletin de la Soc. Roy. des Sc. méd et nat.*, février 1904).

— H. Schouteden. Ergographie de la main droite et de

la main gauche (*Annales de la Soc. Roy. des Sciences méd. et nat. de Bruxelles, XIII, 1904*, brochure de 28 p. avec planche; *Travaux de l'Institut de Physiologie So vay*).

(103) I. Ioteyko avec la collab. de P. Bilande, R. Narracott et J. Noël. Influence du menthol sur les nerfs cutanés (*Journal de Neurologie, n° 10, 1903 ; extrait de 10 p.*). (V. aussi 63).

— Mlle Varia Kipiani. Ergographie du sucre (*Annales de la Soc. Roy. des Sc. méd. et nat. de Bruxelles, XIV, 1905*; brochure de 38 p.; *Travaux de l'Institut de Physiologie Solvay*). Traduit en géorgien.

— Mlle Varia Kipiani. Influence du sucre sur l'ergogramme (*Comm. au VI Congrès intern. de Physiologie, Bruxelles, 1904*; dans Arch. intern. de Physiologie, vol. II, fasc. I-II, p. 110).

— Mlle Varia Kipiani. Les lois de la fatigue (*Revue Scientifique, nos 12 et 13, 1905*).

— Mlle Varia Kipiani. De l'excitabilité des muscles à l'état normal et à l'état pathologique d'après I. Ioteyko (*Revue de Médecine, 1905, n° 6, p. 436-450*).

Extraits des rapports Académiques sur ses travaux

Prix Montyon de Physiologie expérimentale (Institut de France. Académie des Sciences. Séance publique Annuelle du lundi 17 décembre 1900). Commissaires : MM. *Marey, d'Arsonval, Chauveau, Bouchard, Van Tieghem.*

Rapport sur les travaux de Mlle *Ioteyko*; par M. *Marey* :

« Mlle Ioteyko a envoyé trois mémoires sous les titres suivants : 1. Résis-
» tance des centres nerveux médullaires à la fatigue ; 2. L'effort nerveux et la
» fatigue ; 3. La fatigue et la respiration élémentaire du muscle

» Tous ces travaux présentent un intérêt réel et dénotent à la fois une
» grande ingéniosité dans l'institution des modes de recherches et une grande
» habileté dans l'exécution des expériences. L'auteur s'est appliquée à séparer
» les manifestations de la fatigue dans les centres nerveux et dans les muscles....
» etc. »

» L'intérêt des résultats obtenus a paru à votre Commission mériter à
» l'auteur une partie du prix de Physiologie. »

La Commission décide de partager le prix entre M. Pachon et Mlle Ioteyko.

* * *

Prix Lallemand pour le système nerveux (Institut de France. Académie des Sciences. Séance publique annuelle du 21 décembre 1903). Commissaires : MM. *Marey, Laveran, Guyon, d'Arsonval, Bouchard.*

Rapport sur les travaux de Mlle Ioteyko; par MM. *Bouchard* et *d'Arsonval :*

« Mlle Ioteyko a soumis à l'Académie deux travaux intéressants sur
» l'innervation musculaire. Dans le premier intitulé *Effets physiologiques des*
» *ondes induites de fermeture et de rupture dans la fatigue et l'anesthésie des muscles,*

» l'auteur élucide par des expériences bien conduites et par une analyse minu-
» tieuse beaucoup de points restés obscurs ou controversés sur cette question.

» Dans un second mémoire plus important et qui a pour titre *Etudes sur* » *la contraction tonique du muscle strié et ses excitants* Mlle Ioteyko démontre expé- » rimentalement *qu'il existe dans le muscle deux éléments fonctionnellement différents* » *et doués d'une excitabilité inégale*, etc., Mlle *Ioteyko* par des excitants bien choisis, » tantôt physiques, tantôt chimiques, arrive à séparer nettement l'une de l'autre » ces deux modes de contraction du muscle strié et à expliquer nombre de faits » pathologiques, tels que l'atonie musculaire ou les contractures des hysté- » riques.

» Ces patients travaux jettent un jour nouveau sur le mécanisme de la » contraction et de l'innervation des muscles et ouvrent une voie aux investiga- » tions. »

* * *

Les lois de l'Ergographie, par Mlle Ioteyko ; Rapport de M. *Léon Fredericq*, premier commissaire (Bulletin de l'Académie Royale de Belgique, classe des Sciences, 10 mai 1904).

» Mlle Ioteyko, dont les travaux font autorité dans les questions de » fatigue musculaire, nous soumet une étude physiologique et mathématique » très documentée sur les lois de l'ergographie... etc.

» J'ai l'honneur de proposer à la classe l'insertion du mémoire de » Mlle Ioteyko et d'adresser des remerciments à l'auteur en l'engageant à pour- » suivre ses intéressantes recherches. »

M. Masius, second commissaire, déclare que, le mémoire de Mlle Ioteyko présentant beaucoup d'intérêt, il se rallie aux conclusions de M. Frederieq.

* * *

Recherches algésimétriques par Mlles *I. Ioteyko* et *M. Stefanowska*. Rapport de M. *Vanlair*, premier commissaire (Bulletin de l'Académie Royale de Belgique, classe des Sciences, 7 février 1903).

« L'objet principal du travail des auteurs, auxquelles on doit d'intéressan- » tes communications sur le fonctionnement de l'appareil neuro-musculaire, est » une étude topométrique de la douleur... etc.

» La démonstration expérimentale de la prédominance du côté gauche à » l'égard de l'imressionnabilité douloureuse suffirait à elle seule pour justifier » l'insertion du mémoire dans le Bulletin de la Compagnie. »

Rapport de M. *Léon Fréderica*, second commissaire :

« Je ne puis que féliciter les auteurs de la persévérance et du soin avec » lesquels elles ont exécuté leurs nombreuses expériences. Les résultats aux- » quels elles sont arrivées, sont tout à fait inattendus ! »

* * *

Rapport de la Commission qui a été chargée de l'examen du mémoire manuscrit soumis à l'Académie par Mlle *I. Ioteyko*, docteur en médecine, à Bruxelles, intitulé : *Etude sur la contraction tonique du muscle strié et des excitants.*

M. *E. Masoin*, Rapporteur (Bulletin de l'Acad. Roy. de Médecine de Belgique, 31 janvier 1903).

» Mlle Ioteyko, bien connue déjà dans le monde scientifique, grâce à

» diverses publications d'un remarquable mérite, a soumis au jugement de » l'Académie un volumineux mémoire : *Etude*, etc.

. . . .

» Le mémoire de Mlle Ioteyko représente une contribution précieuse au » labeur si détaillé que la physiologie moderne a cru devoir entreprendre sur » l'action des muscles, et qui lui a permis de découvrir des choses parfois » importantes, parfois simplement curieuses ou pittoresques, comme la pause » musculaire ou le temps perdu de Helmholz, l'escalier de Bowditch, le « nez » » de Funke, etc. Mlle Ioteyko a creusé plus profondément ce sillon, avec toute » la force que lui donnaient une connaissance étendue de la question et l'expé- » rience des laboratoires; dans la critique des faits — là où se manifestent les » qualités de haute raison, — elle montre une véritable sagacité. Bref, le travail » qui vous est soumis, messieurs, présente un grand mérite. Aussi nous vous » proposons : 1° D'adresser des remerciements à l'auteur pour cette importante » communication ; 2° de l'engager à continuer ses relations avec l'Académie, » ce qui nous permettra peut-être de compter quelque jour un *correspondant* » féminin dans nos rangs; 3° d'insérer ce travail dans la collection de nos » *Mémoires couronnés et autres mémoires* publiés par l'Académie Royale de Méde- » cine. »

*
* *

Rapport au nom de la Commission chargée d'apprécier le travail manuscrit soumis à l'Académie par Mlle *I. Ioteyko*, intitulé : *Mécanisme physiologique de la réaction de dégénérescence des muscles.*

M. *E. Masoin*, Rapporteur (Bulletin de l'Académie Royale de Médecine de Belgique, 26 décembre 1903).

. . . .

» Nous avons l'honneur de vous proposer : 1° D'adresser des remercie- » ments à l'auteur ; 2° d'imprimer le mémoire dans le *Bulletin* de l'Académie ; » 3° d'inscrire le nom de Mlle Ioteyko sur la liste des aspirants au titre de *corres-* » *pondant étranger*.

» Cette conclusion n'a rien qui doive vous surprendre et se légitime en fait » comme en droit. En effet, nos statuts et notre Règlement n'interdisent pas » cette enceinte aux sexe feminin, et, dans l'espèce, ce qui n'est pas interdit » nous semble permis. Mlle Ioteyko a conquis le diplôme de docteur en méde- » cine et elle fait partie des sociétés savantes dans notre pays même. Ses travaux » sérieux répétés coup sur coup, la réputation honorable dont elle jouit dans le » monde savant nous assurent que la marque d'encouragement et d'honneur » dont nous parlons serait bien placée en sa personne. Il y a quelques mois, » à cette tribune, je soutenais cette même question sans provoquer aucune » objection; aujourd'hui votre commission devient plus affirmative et vous » présente une proposition formelle. »

Ces conclusions sont adoptées.